



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 28 048 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
F 03 D 11/00
F 03 D 7/00
G 01 W 1/00
G 01 J 1/42

21 Aktenzeichen: 199 28 048.7
22 Anmeldetag: 21. 6. 99
43 Offenlegungstag: 23. 12. 99

66 Innere Priorität:
198 27 421. 1 20. 06. 98

71 Anmelder:
Brinkmann, Klaus, 58640 Iserlohn, DE; Gau,
Marcus, 58313 Herdecke, DE

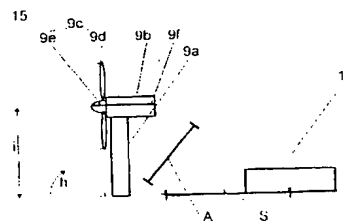
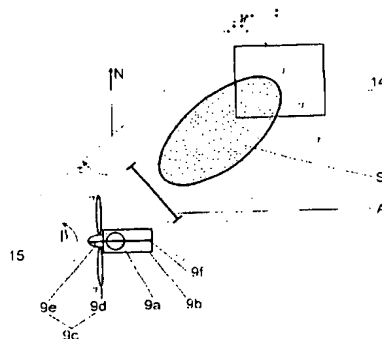
74 Vertreter:
Pfungsten, D., Rechtsanw., 42897 Remscheid

72 Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Windkraftanlage

57 Eine Windkraftanlage (9) mit einer Generatorgondel, die um eine vertikale Achse drehbar ist, und mit einem Generator, der durch einen um eine im wesentlichen horizontale Achse drehbaren Rotor (9c) mit Rotorblättern antreibbar ist, wirft auf benachbarte Objekte einen störenden Schatten. Durch eine Einrichtung zur Bestimmung der Sonnenbahn über dem Horizont und des dadurch verursachten Schattenwurfs der Windkraftanlage, durch eine Meßeinrichtung zur Messung der Quantität und Qualität des Schattenwurfs (störender Schattenwurf), durch eine Einrichtung zur Ermittlung und Speicherung der geographischen Stellen, an denen ein störender Schattenwurf nicht auftreten darf sowie durch eine Steuereinrichtung wird der Betrieb der Windkraftanlage an die störende Quantität und Qualität des Schattenwurfs sowie die Position des Schattens bzw. der Sonne und die zu schützenden Positionen insbesondere durch Verdrehen der Generatorgondel und/oder Verstellen des Anstellwinkels der Rotorblätter des Rotors und/oder notfalls durch Anhalten der Windkraftanlage angepaßt.



199 28 048 A 1

DE 199 28 048 A 1

Die Erfindung betrifft eine Windkraftanlage sowie ein Verfahren zur Verringerung oder Vermeidung alternierenden Schattenwurfs bei einer Windkraftanlage.

Bei Windkraftanlagen (WKA) werden Nabenhöhen i zwischen 30 m und 70 m Höhe verwendet. Die Rotordurchmesser d können über 50 m betragen. Derartige WKA verfügen über eine Steuerung, die im Bedarfsfall den Rotor anhalten und die Generatorgondel der Windrichtung anpassen kann. Bei einigen Anlagen kann zur Anpassung an die Windgeschwindigkeit der Anstellwinkel der Rotorblätter geändert werden.

Der durch den Schattenwurf des rotierenden Rotors 9c verursachte ständige Wechsel zwischen hell und dunkel (alternierenden Schattenwurfs, Stroboskopschatten) wird als störend empfunden. Wenn Großwindkraftanlagen in der Nähe bebauter Gebiete aufgestellt werden sollen, führt das Argument der Belästigung durch diesen Stroboskopschatten zur Ablehnung der Baugenehmigung oder zur Rücknahme einer bereits erteilten Betriebsgenehmigung. In einigen Fällen, in denen eine Windkraftanlage errichtet wurde, mußte deshalb die Anlage total oder zumindest zeitweise stillgelegt werden.

Üblicherweise wird bei zeitweiser Stilllegung ein Betrieb der Windkraftanlage nur in einem festgelegten Zeitraum gestattet, unabhängig davon ob es überhaupt zu einem nennenswerten oder störenden Schattenwurf kommen kann. Zur Vermeidung von Störungen der Anwohner wird auch die Auflage bei der Errichtung von Windkraftanlagen gemacht, an den fraglichen Objekten, z. B. den zu schützenden Wohnhäusern, die dem Schattenwurf nicht ausgesetzt werden dürfen, Sensoren anzubringen, die den Schattenwurf durch die Windkraftanlage registrieren sollen und die Windkraftanlage abhängig von dem Signal der installierten Sensoren abzuschalten. Bei dichter Bebauung würde dies dazu führen, daß entsprechend viele Sensoren installiert werden, wobei bei Großwindkraftanlagen auch Objekte geschützt werden müssen, die einige hundert Meter von der Windkraftanlage entfernt sind.

Aufgabe der Erfindung ist es, mit vertretbarem Aufwand einen Schutz auch entfernt liegender Objekte zu erreichen, indem die Windkraftanlage so ausgerüstet wird, daß eine Belästigung durch den Stroboskopschatten nicht eintreten kann.

Die Lösung ergibt sich aus Anspruch 1 sowie Anspruch 3.

Die Lösung hat den Vorteil, daß die Windkraftanlage autark und ohne Vernetzung mit in der Umgebung aufgestellte Sensoren betrieben und der Betrieb den jeweiligen klimatischen Gegebenheiten so angepaßt werden kann, daß keine Belästigung Dritter erfolgt. Zu diesem Zweck weist die Anlage bzw. das Verfahren folgende wesentlichen Merkmale auf:

1. Berechnung der Sonnenbahn über dem Horizont und des dadurch verursachten Schattenwurfs der Windkraftanlage;
2. Messung der Quantität des Schattenwurfs, um zu ermitteln, ob es überhaupt zur Bildung eines Schattens kommt, der eine zuvor festgelegte Schwellenweite überschreitet (störender Schattenwurf);

Ermittlung und Speicherung der geographischen Stellen, an denen ein störender Schattenwurf nicht auftreten darf;

3. Als Ergebnis der Schritte 1-3: Anpassung des Betriebs der Windkraftanlage an

Die störende Quantität und Qualität des Schattenwurfs

Die Position des Schattens bzw. der Sonne
Die zu schützenden Positionen

durch

Verdrehen des Anlagenkopfes oder

Verstellen des Anstellwinkels der Rotorblätter des Rotor, um die schattenwerfende Fläche zu verringern, oder

Notfalls Anhalten der Windkraftanlage.

Mit den bekannten Formel zur Berechnung der Sonnenbahn aus der Zeit T , der Neigung der Ekliptik, der geographischen Breite der Position der Windkraftanlage erhält man den Verlauf der Sonnenbahn über dem Horizont beschrieben durch die Koordinaten Stundenwinkel τ und Winkel h der Höhe über dem Horizont. Die Zeit T wird dabei vorzugsweise auf den Standort der Windkraftanlage bezogen. Aus dem Rotordurchmesser d berechnet sich zunächst die überstrichene Rotorfläche R .

Im weiteren wird aus der überstrichenen Rotorfläche R , dem Winkel β zwischen der Rotorachse und dem Stundenwinkel τ und dem Höhenwinkel h der Sonnenposition die Lage der effektiven schattenwerfenden Fläche A berechnet, die von der Sonne angestrahlt wird und somit einen Schatten verursachen kann. Für ein vereinfachtes Verfahren kann immer von einer vollen Ausrichtung des Rotor zur Sonne ausgegangen werden, so daß die gesamte Rotorfläche R als effektive Fläche angesehen werden kann.

Aus dem Stundenwinkel τ , dem Höhenwinkel h der Sonnenposition, der Nabenhöhe i des Rotors über dem Boden und der Lage der effektiven Fläche A wird die Fläche S berechnet, an dem der durch den Rotor verursachte Schatten S auf den Boden auftrifft.

Mit einer Vorrichtung nach Anspruch 2 wird ermittelt, ob es zur Bildung eines Schattens durch Windkraftanlage kommen kann. Erst bei ausreichender Intensität des Sonnenlichts kann es zu einem Schattenwurf und damit zu einer Belästigung durch abwechselnde Hell-Dunkel-Wechsel kommen.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung beschrieben.

In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 einen Lageplan einer Windkraftanlage 9 in einer Aufsicht und einer Seitenansicht.

Fig. 2 eine Vorrichtung nach Anspruch 2 zur Bestimmung der Qualität und Quantität des Schattenwurfs

Fig. 3 das Blockschaltbild einer elektronischen Schaltung 6 und eines Computers 7.

Fig. 4 den Aufbau einer Windkraftanlage.

Mit 14 ist ein Objekt bezeichnet, das nicht vom Stroboskopschatten durch die Windkraftanlage 9 getroffen werden soll. Die Sonnenstrahlen 15 fallen aus der Richtung des Stundenwinkels τ und unter dem Höhenwinkel h auf den Rotor 9c der WKA 9. Der bekannte Winkel β zwischen der Rotorachse 9f und dem Stundenwinkel τ und die überstrichene Fläche R des Rotors ergeben die effektiv angestrahelte Fläche A . Mit der Nabenhöhe i ergibt dies die Lage des Schattens S .

Die Vorrichtung zur Bestimmung der Qualität und Quantität des Schattenwurfs besitzt zwei Sensorflächen 23 und 24. Bei Lichteinfall wird von Sensorfläche 23 ein elektrisches Signal U_a und von Sensorfläche 24 ein elektrisches Signal U_b erzeugt. Sensorfläche 23 ist durch ein transparentes Gehäuse 25 vor Umwelteinflüssen geschützt. Ebenso ist die Sensorfläche 24 vor Umwelteinflüssen durch ein weitgehend transparentes Gehäuse 26 geschützt. Darüber hinaus ist auf dem Gehäuse 26 der Sensorfläche 24 eine lichtundurchlässige Markierung 29 derart angebracht, daß bei Einfall von Licht ein Schatten von der Markierung 29 auf die Sensorfläche

che 24 fällt. Dadurch ist bei gleicher Intensität des Lichteinfalls auf die beiden Sensorflächen 23 und 24, die durch Sensorfläche 24 erzeugte elektrische Signal U_b geringer als das elektrische Signal U_a der Sensorfläche 23.

In der elektronischen Schaltung 6 wird im Teil 6a zunächst das, von Sensorfläche 23 erzeugte, elektrische Signal U_a gemessen um die Helligkeit zu bestimmen. Erst wenn die gemessene Helligkeit und damit das elektrische Signal U_a einen bestimmten Referenzwert U_3 überschreitet, kann ein Schattenwurf erfolgen. Als Indikator dafür dient das Ausgangssignal U_4 des Schaltungsteils 6a. Im Teil 6b der Schaltung wird als Ausgangssignal U_5 die Differenz der elektrischen Signale U_a und U_b der beiden Sensorflächen gebildet. Die Differenz ist ein Maß für die Qualität des Schattens.

Im Schaltungsteil 6c wird dieses Differenzsignal U_5 mit einem Referenzwert U_6 verglichen. Das Ergebnis ist das Signal U_7 . Schließlich wird im Schaltungsteil 6d das Ausgangssignal U_8 der Schaltung erzeugt, welches dann aktiv wird wenn erstens, bestimmt über das Signal U_4 , die Helligkeit ausreicht und zweitens, bestimmt über das Signal U_7 , die Qualität des Schattens einen bestimmten Wert überschritten hat.

Ein nachgeschalteter Computer 7 mit eingebauter Uhr 7a berechnet oder ermittelt anhand einer Tabelle den Sonnenstand und die Position des durch die WKA 9 verursachten Schattens S. Mit einer Tabelle, in der die Position eines Objektes 14 abgelegt ist, welches nicht vom Stroboskopschatten getroffen werden sollen, wird vom Computer 7 ein Signal U_9 erzeugt das von der Steuerung der WKA ausgewertet werden kann.

Windkraftanlage 9 mit dem Mast 9a, der Generatorgondel 9b, dem Rotor 9c, bestehend aus den Rotorblättern 9d und der Nabe 9e und der dazugehörigen Steuerung 8 ist in Fig. 4 gezeigt. Über die Steuerung 8 kann erstens abhängig von der Windgeschwindigkeit der Anstellwinkel der Rotorblätter 9d verändert werden, zweites abhängig von der Windrichtung die Generatorgondel 9b gedreht werden und drittens der Rotor 9c der WKA 9 angehalten werden. Mit dem Ausgangssignal U_9 des Computers 7 und der Schaltung 6 kann derart auf die Steuerung 8 der WKA eingewirkt werden, daß zur Verringerung der effektiven schattenwerfenden Fläche Λ des Rotors 9c die Generatorgondel 9b verdreht wird oder der Rotor 9c der WKA 9 angehalten wird.

Bezugszeichenliste

Fig. 1

9 Windkraftanlage (WKA)
9a Mast
9b Generatorgondel
9c Rotor
9d Rotorblätter
9e Nabe
9f Achse
14 Objekt, das nicht vom Stroboskopschatten getroffen werden soll
 τ Stundenwinkel
 β Winkel zwischen Achse 9f und Stundenwinkel τ
 Λ effektive angestrahlte Fläche
S beschattete Fläche
i Nabenhöhe
d Rotordurchmesser
h Winkel der Sonnenhöhe über dem Horizont
N Nordrichtung

Fig. 2

21, 22 Trägerplatten
23, 24 lichtempfindliche Sensorflächen
25, 26 transparente Gehäuse
27, 28 Anschlußleitungen
29 lichtundurchlässige Markierung am Gehäuse der Sensorfläche 24

Fig. 3

U_a elektrisches Signal von Sensorfläche 1
 U_b elektrisches Signal von Sensorfläche 2
 U_3 Referenzwert für die Mindesthelligkeit
 U_4 Ausgangssignal: Helligkeit größer Referenz
 U_5 Ausgangssignal: $U_a - U_b$
 U_6 Referenzwert für die Minstdifferenz
 U_7 Ausgangssignal: Minstdifferenz über Referenz
 U_8 Ausgangssignal: Schattenbildung hat eine bestimmte Qualität
 U_9 Ausgangssignal: Schatten liegt im Bereich eines bestimmten Objekts
6 elektronische Schaltung
6a Vergleich: Helligkeit über Referenz
6b Subtrahierer: $U_a - U_b$
6c Vergleich: Differenz über Referenz
6d Verknüpfung: U_4 & U_7
7 Computer
7a Uhr

Fig. 4

2a Sensorfläche
2b beschattete Sensorfläche
6 elektronische Schaltung
7 Computer
8 Steuerung der Windkraftanlage
9 Windkraftanlage
9a Mast
9b Generatorgondel
9c Rotor
9d Rotorblätter
9e Nabe
9f Achse
10 Bremse zum Anhalten des Rotors
11 Motor zur Verstellung der Anstellwinkel der Rotorblätter
12 Motor zur Verdrehung der Generatorgondel.

Patentansprüche

1. Windkraftanlage (9) mit einer Generatorgondel, die um eine vertikale Achse drehbar ist, mit einem Generator, der durch einen um eine im wesentlichen horizontale Achse drehbaren Rotor (9c) mit Rotorblättern antreibbar ist, sowie mit einer Steuerung, durch die der Rotor angehalten werden kann und durch welche die Drehstellung der Generatorgondel der Windrichtung anpaßbar ist; Kennzeichen:
 - 1.1 Einrichtung zur Bestimmung der Sonnenbahn über dem Horizont und des dadurch verursachten Schattenwurfs der Windkraftanlage.
 - 1.2 Meßeinrichtung zur Messung der Quantität und Qualität des Schattenwurfs (störender Schattenwurf);
 - 1.3 Einrichtung zur Ermittlung und Speicherung der geographischen Stellen, an denen ein störender Schattenwurf nicht auftreten darf;
 - 1.4 Steuerungseinrichtung zur Anpassung des Be-

triebs der Windkraftanlage an die störende Quantität und Qualität des Schattenwurfs sowie die Position des Schattens bzw. der Sonne und die zu schützenden Positionen insbesondere durch Verdrehen der Generatorgondel und/oder Verstellen des Anstellwinkels der Rotorblätter des Rotors und/oder notfalls durch Anhalten der Windkraftanlage.

2. Windkraftanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung zwei Sensorflächen (23, 24) besitzt von denen eine (23) zur Ermittlung der Intensität der direkten Sonnenstrahlung dient, während vor der zweiten (24) Sensorfläche in einem bestimmten Abstand ein Objekt (29) derart positioniert ist, daß das Objekt einen Schatten der direkten Sonneneinstrahlung auf die Sensorfläche (24) wirft, und daß die Meßeinrichtung weiterhin eine Vergleichseinrichtung für die Ausgangssignale der Sensoren umfaßt, so daß durch Vergleich der Ausgangssignale der beiden Sensoren die Quantität und Qualität des Schattenwurfs bestimmbar ist.
3. Verfahren zum Betrieb einer Windkraftanlage im Bereich von einem Objekt, bei dem ein störender Schattenwurf des sich drehenden Rotors zu vermeiden ist, dadurch gekennzeichnet, daß durch Berechnung oder Messung die Sonnenposition ermittelt und aus den technischen Daten der WKA (9), insbesondere Nabenhöhe (i) und Rotordurchmesser (d), der geographische Bereich (S) berechnet wird, in den der Schatten des Rotors (9c) der WKA projiziert wird und daß die WKA (9) in einen anderen Betriebszustand versetzt wird, z. B. Anhalten, Änderung der Rotorblattstellung und/oder Änderung der Ausrichtung zur Sonne, wenn der vom sich drehenden Rotor (9c) projizierte Schatten das Objekt (14) trifft.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die geographische Lage des Schattenwurfs (S) zur Laufzeit der WKA in einem Computer (7) berechnet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder, dadurch gekennzeichnet, daß die geographische Lage des Schattenwurfs (S) in einer Tabelle angelegt ist, die in einem Computer (7) gespeichert ist.
6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Tabelle die Betriebszustände, welche sich aus der geographischen Lage des Schattenwurfs (S) ergeben, zeitabhängig angelegt sind, und daß die WKA (9) zeitabhängig in den jeweils vorgegebenen Betriebszustand versetzt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung des Betriebszustands nur erfolgt, wenn die Messung der Quantität und Qualität des Schattenwurfs einen störenden Schattenwurf ergibt, insbesondere wenn ein vorgegebener Grenzwert des Schattenwurfs erreicht und überschritten wird.
8. Verfahren nach Anspruch 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantität und Qualität des Schattenwurfs augenblicklichen sowie über einen bestimmten Zeitraum erfaßt wird und daß eine Änderung des Betriebszustandes der WKA (9) dann erfolgt wenn der Verlauf des Schattenwurfs das Erreichen und Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes erwarten läßt.

Fig. 1

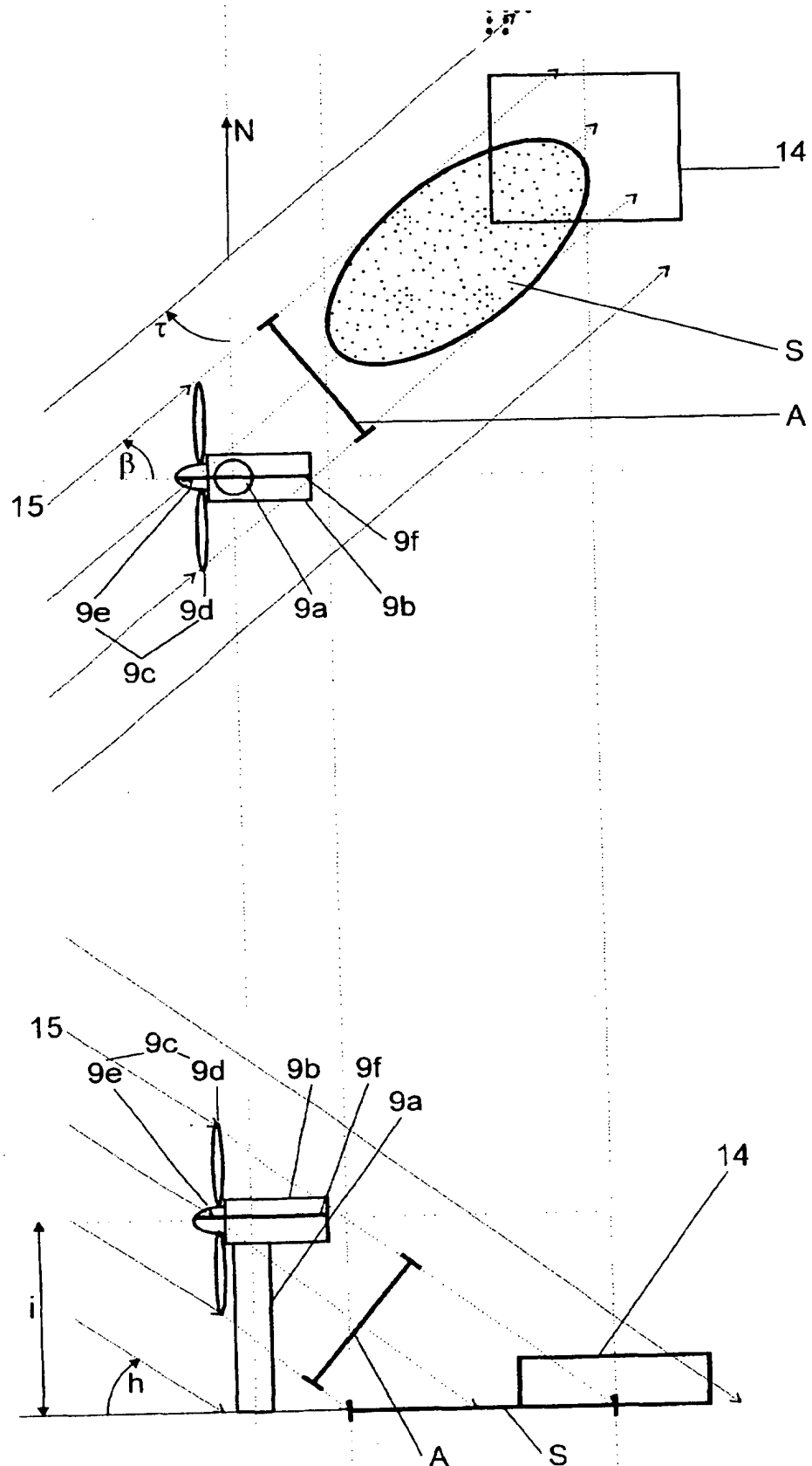


Fig. 2

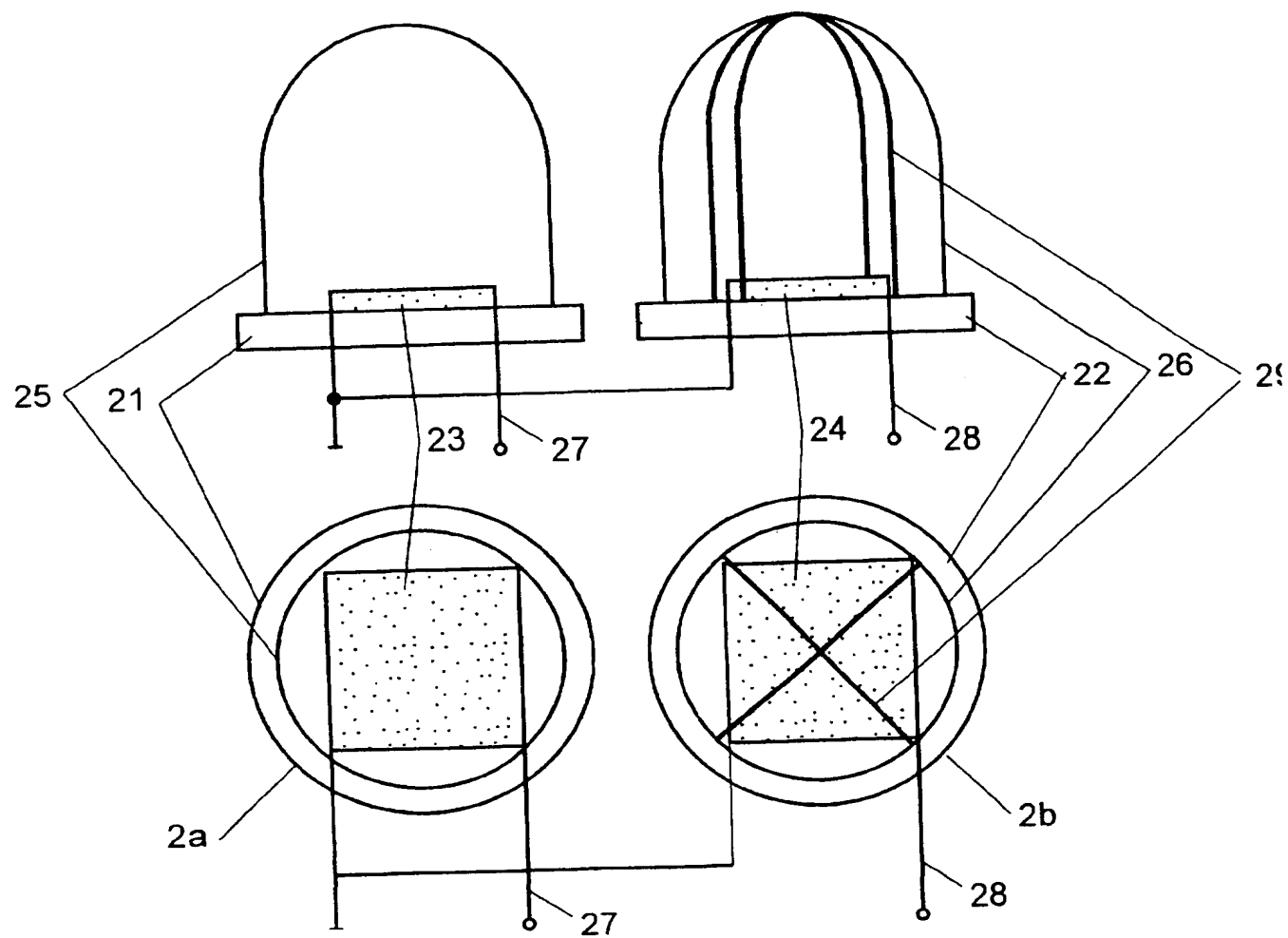


Fig. 3

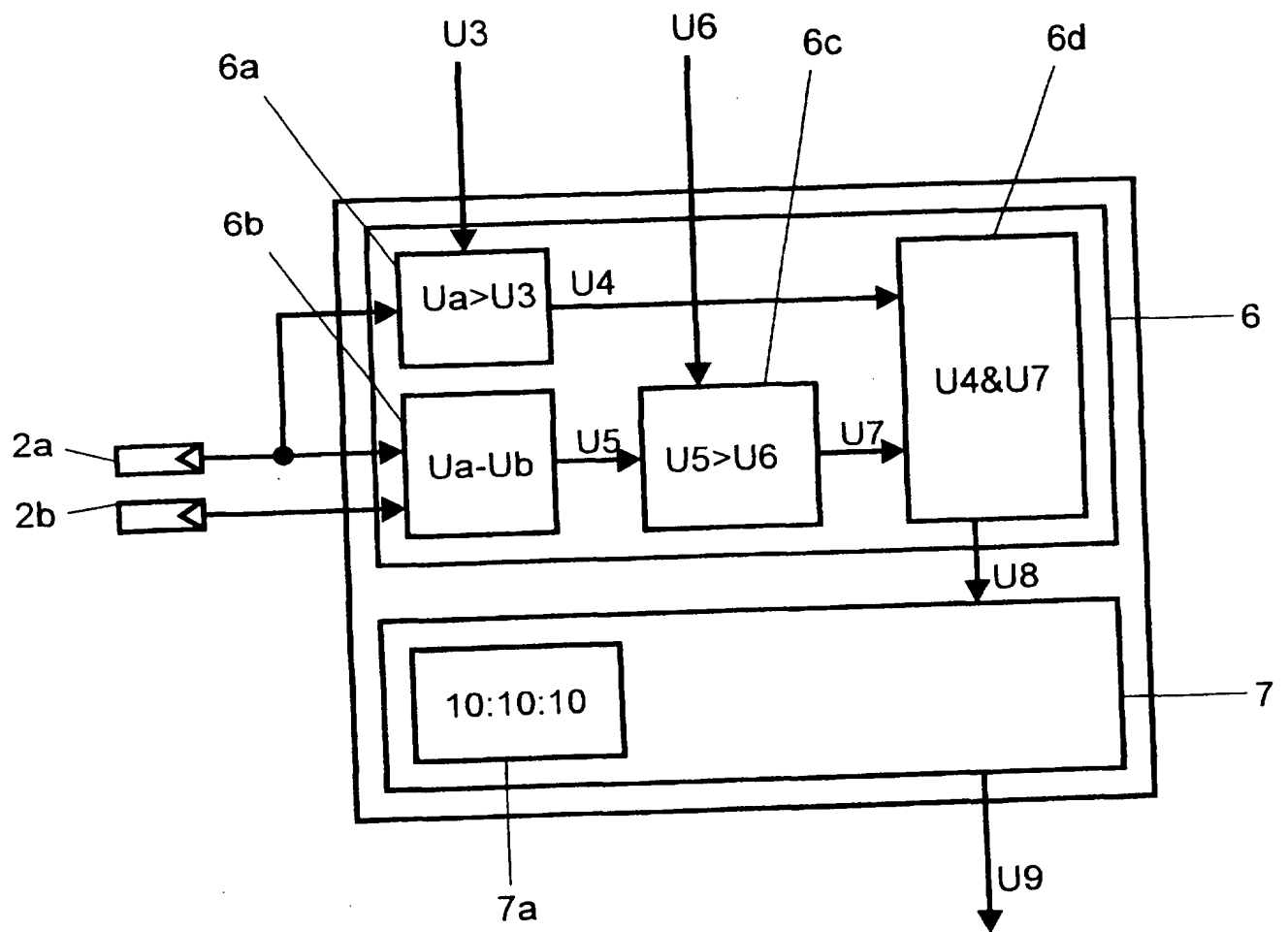


Fig. 4

